

СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЖЕЛЕЗНОГО МЕТЕОРИТА СИХОТЭ-АЛИНЬ ПОСЛЕ УДАРНОГО НАГРУЖЕНИЯ

Гиззатуллина Р.Ф., Яковлев Г.А.

Руководитель - доцент, к.т.н. Гроховский В.И.

«Уральский Федеральный Университет имени первого Президента России

Б.Н. Ельцина»

gizrozka91@bk.ru

В последние годы изучение ударных эффектов в метеоритах представляет особый интерес, т.к. сохраняют в своем составе и структуре информацию о космических событиях за огромный интервал времени, а также представляют кометно-астероидную опасность для Земли. В структуре металлических фаз метеоритов разных типов также наблюдаются доказательства деформирующих воздействий на разных стадиях эволюции внеземного вещества: удары в космосе, разрушение родительских тел, фрагментация в земной атмосфере и падение на поверхность Земли. В ряде метеоритов наблюдаются свидетельства высокой степени ударного метаморфизма. Например, рекристаллизация оливина, частичное плавление вещества хондритов Царев, предполагает, что эти метеориты явились результатом воздействия сильных ударных волн (80 – 120) ГПа [2]. Также при проведении экспериментов по ударному нагружению хондрита Саратов был обнаружен эффект аномального массопереноса. Предполагается, что этот эффект имеют гидродинамическое происхождение [1].

Структура железных метеоритов после ударного нагружения изучалась во многих работах, но четкой классификации структурных изменений построено не было. Сложность такой классификации обусловлено тем, что железные метеориты имеют значительные вариации структурных изменений. В зависимости от причин образования вторичной структуры в железных метеоритах, можно разделить на классификации: ударно-индуцированная пластическая деформация, полиморфные превращения в ударных волнах, расплавление при ударе, термический отжиг вследствие повторного нагрева.

Объектом этого исследования является железный метеорит Сихотэ-Алинь (грубый октаэдрит II В), содержание Ni – около 6 вес. %, остальное – Fe. Выточенные из метеорита шары были подвергнуты взрывному нагружению путем подрыва слоя взрывчатого вещества на их поверхности. Ударноволновое нагружение было произведено в РФЯЦ ВНИИТФ Е.А. Козловым. Исходные шары имели диаметры 56 мм и 50 мм и подвергались воздействию сферического взрывного обжата различной интенсивности. При этом каждый шар был предварительно заварен в вакууме в гермочехол

из нержавеющей стали для предотвращения взаимодействия продуктов взрыва с метеоритным веществом.

По результатам испытания вещества метеоритов Сихотэ-Алинь и Чинге методом ударного нагружения сходящимися волнами, было установлено, что в метеорите Чинге с квазиоднородной структурой в центре формируется сферическая полость. В то время как результаты ударного нагружения образцов метеорита Сихотэ-Алинь демонстрируют картину, где в области меридионального сечения шара вокруг центральной полости образовались многочисленные хрупкие трещины и разрывы вещества, при этом распределение их в метеорите весьма неоднородно[4].

В исследуемых здесь образцах Сихотэ-Алинь были выявлены различные структурные проявления ударного метаморфизма. По мере увеличения ударной нагрузки в материале наблюдаются деформация скольжением, двойникованием, образование новых фаз и плавление. В образцах также обнаружены следы $\alpha \rightarrow \varepsilon \rightarrow \alpha$ превращения. При этом отмечено изменение морфологии ε -фазы от широких и длинных пластин до дисперсных по мере удаления от поверхности шара. Микротвердость участков с ε -фазой составляет 300-350 HV50 по сравнению с 240-260 HV50 для α -фазы. Сдвиговая деформация наглядно проявляется на формоизменении пластины роалдита Fe_4N . Увеличение ударной нагрузки при локализации деформации привело к появлению областей плавления и кристаллизации расплава. Типичной структурой расплавленных областей является наличие дендритов (рисунок 1) различной ориентации. Известно, что размер дендритов зависит от скорости охлаждения в кристаллизационном интервале. Для сплавов железа функцией роста служит расстояние между вторичными осями дендрита. Эта зависимость неизменна для многих сплавов Fe, в том числе и для Fe-Ni и Fe-P в широком диапазоне скоростей охлаждения, линейна в двойных логарифмических координатах. В наблюдаемых дендритах расстояние между осями составляет 1,5–2 мкм, что соответствует скорости охлаждения 8–10 °/с.

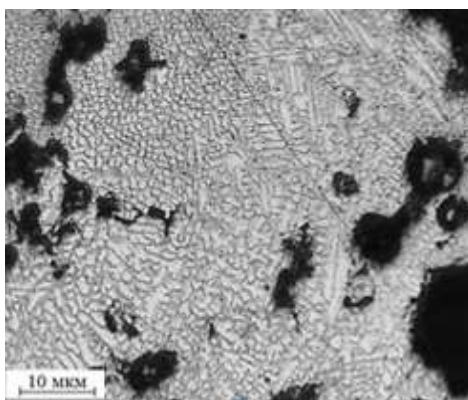


Рисунок 1 – Область перекристаллизации (конфокальный микроскоп).

1 mm	Magn = 10.74 X	Depth = 15.0000	Signal = In. vac
	WD = 0.2 mm	Time = 30 Dec 2011	

Таким образом, при диагностике фазовых и структурных превращений в железных метеоритах после ударного нагружения на примере октаэдрита Сихотэ-Алинь комплексом методов выявлены следующие структуры, вызванные ударным нагружением различной интенсивности: механическая деформация кристаллов рабдитов и роалдита, двойникование камасита, контактное плавление на границе

«камасит–рабдит», области плавления и кристаллизации расплава. Полную кристаллографическую информацию о строении фаз дает метод EBSD. Большое влияние на качество дифракционной картины в методе EBSD оказывает подготовка анализируемой поверхности. Наилучшие результаты получены после финальной полировки на коллоиде SiO₂ с дисперсностью 40 нм.

Работа выполнена при частичной поддержке федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009-2013 годы», ГК № Р1154 и № 14.740.11.1006 и гранта РФФИ-«Урал» № 10-05-96047.

Используемые литературные источники:

1. Козлов Е.А., Жугин Ю.Н., Литвинов Б.В. и др., Особенности физико-химических превращений хондрита Саратов в сферических ударных волнах // Химическая физика, 1995, т.14, №1, С. 108-118.
2. Мигдисова Л.Ф., Заславская Н.И., Иванов А.В. и др. Особенности состава и структуры метеорита Царев // Метеоритика. 1982. вып.41. С.13-30.
3. Гроховский В.И. Локальные методы дифракционных исследований в растровой электронной микроскопии // Материалы III Всероссийской молодежной научной конференции “Минералы: строения, свойства, методы исследования”. Екатеринбург-Миасс: УрО РАН, 2011. С. 31-33
4. Grokhovsky V.I., Kozlov E.A., Kuzina M.S., Teplov V.A. Shock experiment in spherical wales with iron meteorites // Meteoritics & Planetary Science. 2000, v.35, №5, A66.
5. Залкин В.М. Природа эвтектических сплавов и эффект контактного плавления // М.: Металлургия, 1987. С.151-160.